

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МОДЕЛЕЙ СТАТОРА СПЕЦИАЛЬНОГО ТИПА

Картина распределения магнитного поля, создаваемого статором специального типа, представляет значительный интерес. Имея графики распределения составляющих магнитной индукции, можно судить о наличии и величине шунтирующих потоков, намечать пути компенсации пульсирующих составляющих и т. д. Методика при измерении нормальной и радиальной составляющих магнитной индукции была такой же, как при измерении магнитных полей в [1]. Хотя по этой методике снимаются только кривые огибающих индукции, в отличие от семейства кривых, соответствующих различным моментам времени, данный метод в настоящее время является наиболее распространенным и с успехом применяется в практике при экспериментальных исследованиях индукционных насосов и других устройств с разомкнутыми магнитопроводами [2, 3].

При измерениях использовался катушечный датчик $\varnothing 6$ мм, $w=600$, $c=1,45$ гс/мв и ламповый вольтметр типа ВЗ-13 [4]. Модели статоров были изготовлены согласно рис. 3, а работы [5] (основной пакет магнитопровода имел вид квадрата с возможностью установки еставных шихтованных зубцов) и 3, б этой же работы. В последнем случае спинки магнитопроводов и зубцы шихтованы отдельно. Схема соединения катушек статоров соответствует рис. 4 работы [5] (однослойная обмотка с диаметральной шагом $2p=2$, $q=1$, $z=8$). Основные данные моделей статора приведены в таблице. Общий вид моделей «квадратного» и «лучевого» статоров представлен на рис. 1.

На первом этапе было замерено распределение нормальной составляющей магнитной индукции по ширине зубцов магнитопроводов. Поскольку статор специального типа обладает центральной симметрией, можно было ожидать одинакового распределения индукции над всеми магнитопроводами, находящимися в одинаковых условиях. При измерениях это положение подтвердилось. Поэтому в дальнейшем измерения производились только по осевым линиям магнитопроводов.

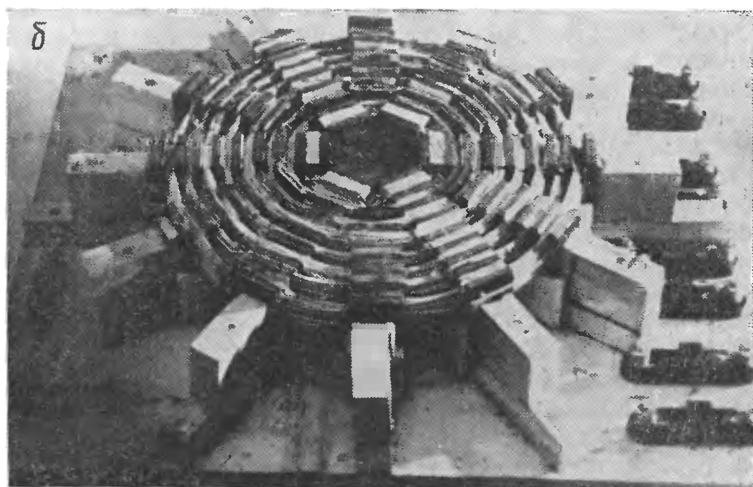
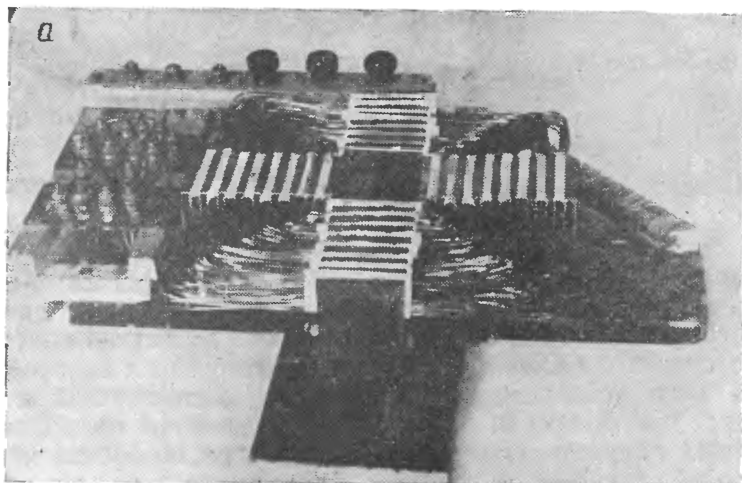


Рис. 1. Модели «квадратного» (а) и «лучевого» (б) статоров.

Режимы работы моделей при измерении полей:
«квадратный» статор:

$$U_A = 13,6 \text{ в}, \quad I_A = 7,0 \text{ а}, \quad P_A = 65 \text{ вт};$$

$$U_B = 13,8 \text{ в}, \quad I_B = 7,0 \text{ а}, \quad P_B = 55 \text{ вт};$$

$$U_C = 12,4 \text{ в}, \quad I_C = 7,0 \text{ а}, \quad P_C = 50 \text{ вт};$$

«лучевой» статор:

$$U_A = 20,7 \text{ в}, \quad I_A = 7,7 \text{ а}, \quad P_A = 42,5 \text{ вт};$$

$$U_B = 20,6 \text{ в}, \quad I_B = 8,15 \text{ а}, \quad P_B = 47,5 \text{ вт};$$

$$U_C = 20,2 \text{ в}, \quad I_C = 7,85 \text{ а}, \quad P_C = 42,5 \text{ вт};$$

Основные данные моделей статора специального типа

Наименование	Статор	
	лучевой	квадратный
Напряжение фазы U_{ϕ} , в	45	20
Ток фазы I_{ϕ} , а	8,0	11,5
Активная мощность P , вт	600	500
Реактивная мощность Q , вар	925	550
Полная мощность S , ва	1100	750
Коэффициент мощности $\cos \phi$	0,55	0,65
Число витков в катушках № 1—6 W_{1-6}	80	45
Число витков в катушке № 7 W_7	53	26
Число витков в катушке № 8 W_8	47	10
Размеры паза:		
высота паза h_{Π} , мм	35	35
ширина паза b_{Π} , мм	7	7
ширина зубца b_z , мм	6	6
Размеры центральной габаритной зоны d , мм	60	60
Ширина сердечника магнитопровода b , мм	30	60
Количество сердечников n	6/12	4
Расчетный немагнитный зазор d' , мм	15	15

Графики распределения нормальной составляющей магнитной индукции по оси магнитопроводов на различных уровнях от поверхности статоров для «квадратного» и «лучевого» статоров приведены на рис. 2, а, б (без учета постоянной датчика). Из этих графиков можно определить как амплитуду бегущей волны магнитного поля

$$B_m = \frac{B_{\max} + B_{\min}}{2}, \quad (1)$$

так и отношения магнитной проводимости шунтирующих участков и магнитной проводимости активной зоны

$$\lambda_{\text{ш}} = \frac{k_c}{1 - k_c}, \quad (2)$$

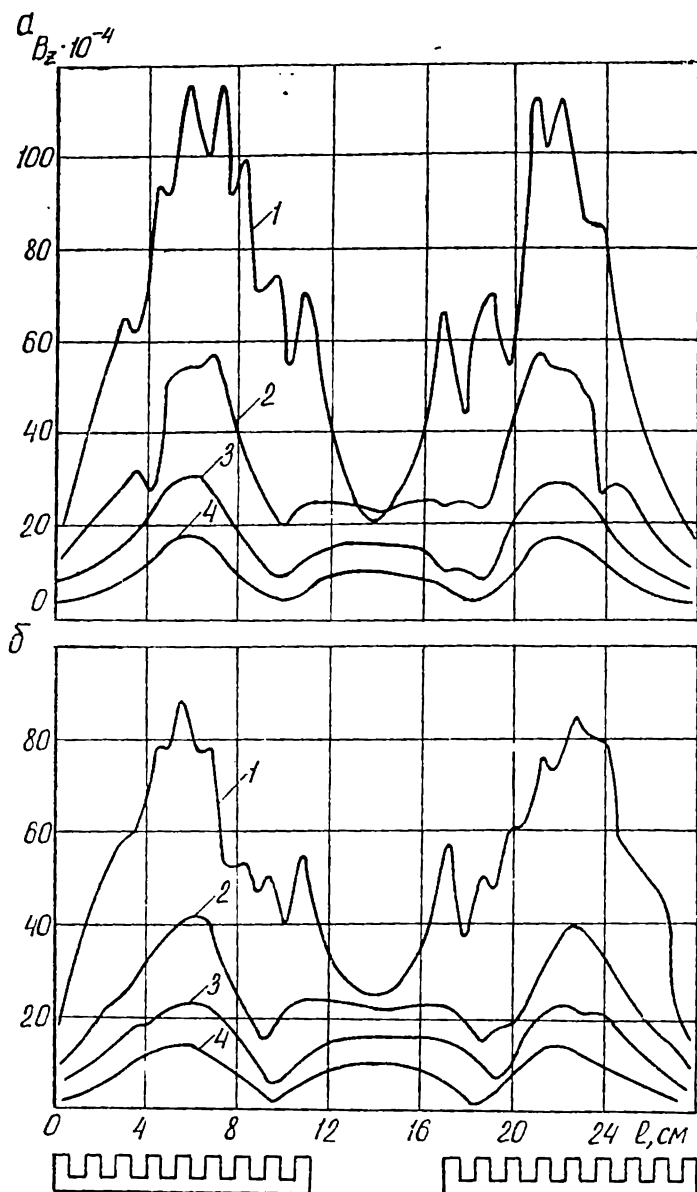


Рис. 2. Распределение нормальной составляющей магнитной индукции по длине сердечников «квадратного» статора (а) и по длинным магнитопроводам «лучевого» статора (б):
 1 — $h = 6$ мм; 2 — 15; 3 — 25; 4 — 35.

причем

$$k_c = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{2B_m}, \quad (3)$$

где B_{\max} и B_{\min} — максимальное и минимальное значения индукции по кривым рис. 2 [6].

Не следует, конечно, забывать, что выражения (1)–(3) были получены для случая плоскопараллельного поля без учета продольного и поперечного краевых эффектов. Подсчитанные по этим формулам значения $\lambda_{\text{ш}}$ для уровня расчетного немагнитного зазора лежат в пределах

$$0,6 \leq \lambda_{\text{ш}} \leq 0,8. \quad (4)$$

Причем увеличение зазора приводит к увеличению значения $\lambda_{\text{ш}}$. Меньшие значения $\lambda_{\text{ш}}$ имеют место у «квадратного» статора. Эта закономерность подтверждается при качественном рассмотрении вопроса. Действительно, с ростом немагнитного зазора все большее число магнитных силовых линий замыкается помимо вторичной цепи, что обуславливает увеличение проводимости шунтирующих участков.

Характерной особенностью статоров специального типа является постоянство характера распределения над сердечниками магнитопроводов нормальной составляющей магнитной индукции. В отличие от плоских статоров обычного исполнения распределение B_z не изменяется при изменении направления движения бегущего магнитного поля (отсутствует характерный максимум в той области пространства, куда движется поле и смещение этого максимума при реверсировании электрической схемы питания статора).

Радиальная составляющая магнитной индукции, обуславливающая нормальную составляющую электромагнитной силы, распределена над поверхностью магнитопроводов на уровне расчетного немагнитного зазора более равномерно. Это означает, что пульсации нормальной составляющей электромагнитной силы во вторичной системе при использовании статоров специального типа будут незначительны.

ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование показало, что магнитные поля, создаваемые статорами специального типа, обладают сложной пространственной структурой.

2. Характер распределения нормальной составляющей магнитного поля, видимо, не является идеальным с точки зрения создания наилучшего перемешивающего эффекта, что требует проверки и применения соответствующих способов компенсации пульсирующих составляющих.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Резин, И. А. Кривонищенко. Исследование двухфазного и трехфазного статоров для перемешивания жидкого металла. Техническая электромагнитная гидродинамика. Труды института ДОННИИЧЕРМЕТ, вып. 6. М., «Металлургия», 1967.
 2. А. И. Вольдек, Х. И. Янес. Экспериментальное исследование плоских индукционных насосов. Вопросы магнитной гидродинамики и динамики плазмы. II. Рига, Изд-во АН Латв. ССР, 1962.
 3. С. В. Васильев, Н. М. Охременко, Л. Г. Смирнова. Экспериментальное исследование магнитных полей индукционного насоса. «Магнитная гидродинамика», 1965, № 2.
 4. И. А. Кривонищенко, А. Е. Мордовин. Исследование магнитных полей статоров сегментного типа. Тезисы доклада на II научно-технической конференции УПИ. Свердловск, изд. УПИ, 1968.
 5. И. А. Кривонищенко, Г. П. Кропачев, М. Г. Резин. Статор специального типа для электромагнитного перемешивания жидкого металла. Тр. УПИ, сб. 203, Свердловск, 1971.
 6. А. И. Вольдек. Пульсирующие составляющие магнитного поля индукционных машин и насосов с разомкнутым магнитопроводом. «Электро-механика и автоматика», 1959, № 2.
-